

“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini, pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Elektronik (Elektronik Industri)”.

Tandatangan :
Nama Penyelia :
Tarikh :

**REKABENTUK PENGAWAL KELAJUAN MOTOR ARUS TERUS SECARA
ANALOG**

ZAP SHUKRIZAN BIN SALIM

Laporan ini dikemukakan sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat untuk penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Elektronik (Elektronik Industri).

**Fakulti Kejuruteraan Elektronik & Kejuruteraan Komputer
Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia**

APRIL 2006

“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.”

Tandatangan : 

Nama Penulis : ZAP SUKRIZAN BIN SALIM

Tarikh : 10 MEI 2006

PENGHARGAAN

Syukur ke hadrat Illahi kerana dengan limpah dan kurnia-Nya, dengan rahmat kekasih-Nya Nabi Muhammad S.A.W. dengan berkat pensyarah-pensyarah serta restu ibu-bapa, projek ini dapat disiapkan dalam masa yang ditetapkan dengan jayanya. Dengan kesempatan ini, setinggi-tinggi penghargaan diucapkan kepada semua yang terlibat dalam menjayakan projek ini.

Pertama sekali, jutaan terima kasih diucapkan kepada penyelia saya iaitu Encik Zulhairi Bin Othman di atas segala tunjuk ajar yang diberikan dan nasihat yang amat berguna sepanjang pelaksanaan projek ini. Ucapan ribuan terima kasih juga kepada pensyarah-pensyarah lain yang turut menyumbangkan idea dan maklumat bagi memantapkan lagi projek ini.

Ribuan terima kasih juga diucapkan kepada ahli keluarga kerana telah memberikan dorongan dan galakan yang tidak berbelah bahagi sepanjang menyiapkan projek ini.

Selain itu, tidak lupa kepada rakan-rakan seperjuangan dan pihak-pihak yang terlibat sama ada secara langsung atau tidak langsung kerana sudi memberikan bantuan dalam menjayakan projek ini.

Semoga projek serta penulisan saya ini dapat memberikan manfaat dan panduan yang berguna kepada semua pembaca.

ABSTRAK

Kestabilan sambutan kelajuan Motor Arus Terus menggunakan pengawal PID adalah lebih baik berbanding pengawal PD dan pengawal PI. Pengawal PID merupakan pengawal yang digunakan untuk mendapatkan bacaan dan keluaran yang lebih tepat dan mempunyai kesilapan keluaran yang kecil. Ini kerana, pengawal jenis ini dapat mengurangkan lajukan di samping dapat mencapai masa pembetulan yang cepat berbanding pengawal PI dan pengawal PD. Hala tuju projek ini adalah untuk membina satu litar analog pengawal PID di mana pengguna dapat mengawal kelajuan dan dapat menetapkan kelajuan yang di kehendaki dan pemacu yang digunakan dalam projek ini adalah pemacu jenis tetimbang-H kerana ia dapat mengerakkan motor dalam dwi arah. Satu litar penderia (suap balik) digunakan untuk menguatkan voltan keluaran motor untuk di suap kembali ke dalam satu litar pembeding ke Pengawal PID untuk melengkapkan sistem gelung tertutup yang diaplikasikan dalam projek ini. Projek ini dapat dijadikan modul bantuan pengajar kerana dapat membantu pelajar memahami konsep PID dan secara tidak langsung kesan parameter K_p , K_i dan K_d terhadap kawalan kelajuan motor dapat di fahami dengan lebih mendalam oleh pelajar dan pengguna.

ABSTRACT

Generating the stability of DC motor by using PID controller is more efficient than PD controller and PI controller. The PID controller can give less the output value than other controller and it is commonly used to get an accurate output value and have small error output value. This controller can reduce overshoot percent and it can reach the settling time faster than PD or PI controller. The aim of this project is to develop an analog DC motor speed control using PID Controller that can control the speed at any desired value of the DC motor. This project exercises the H-bridge concept to move the motor in two ways. Then, a feedback circuit is use to strengthen the feedback output voltage from motor to the comparator in PID controller and completed its closed loop system. This project can be used as education module for student to learn and to be familiar with the effect of K_p , K_i and K_d parameters for controlling speed of the motor.

ISI KANDUNGAN

BAB	PEKARA	HALAMAN
	PENGESAHAN	i
	TAJUK PROJEK	ii
	PENGAKUAN	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	ISI KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI SINGKATAN	xiv
	SENARAI SIMBOL	xv
	SENARAI LAMPIRAN	xvi
I	Pengenalan	
	1.1 PENDAHULUAN	1
	1.2 LATAR BELAKANG PROJEK	2
	1.3 OBJEKTIF PROJEK	4
	1.4 SKOP PROJEK	5
	1.5 RINGKASAN TESIS	6

II KAJIAN LATAR BELAKANG DAN KONSEP

2.1	PENGENALAN	7
2.2	TEKNIK KAWALAN MOTOR	8
2.2.1	Kawalan Kelajuan Dengan Penambahan Rintangan Dalam Litar Amatur	9
2.2.2	Kawalan Kelajuan Dengan Melaras Voltan Amatur	12
2.2.3	Kawalan Kelajuan Menggunakan Modulasi Lebar Denyut (PWM)	14
2.3	JENIS-JENIS LITAR PEMACU	16
2.3.1	Litar Motor Pirau	17
2.3.2	Litar Motor Siri	20
2.3.3	Perbandingan Motor Pirau Dan Motor Siri	22
2.4	PENGATUR TETIMBANG-H	23
2.4.1	Sistem Pemicuan Empat Suku	25
2.5	PENGAWAL PID	27

III METODOLOGI PROJEK

3.1	PENGENALAN	31
3.1.1	Sistem Perkakasan	33
3.1.2	Sistem Perisian	33
3.2	PENGUAT KENDALIAN	34
3.2.1	Penguat Kendalian Menyongsang	37
3.2.2	Penguat Penambahan	38
3.2.3	Penguat Pengamir	39
3.2.4	Penguat Pembeza	40
3.3	PEMBANDING	41

3.4	PENGAWAL PID	43
3.4.1	Memodelkan Motor Arus Terus	44
3.4.2	Menentukan Rangkaian Pindah Motor Arus Terus	45
3.4.3	Rangkaian Pindah Gelung Tertutup	48
3.5	TETIMBANG-H	49
3.6	PENDERIA (SUAP BALIK)	52
3.6.1	Jenis Sambungan Suap Balik	54
3.7	MEREKABENTUK LITAR PCB	57
3.7.1	Membina Litar PCB	62
3.8	CARTA ALIR PROJEK	66
IV	HASIL PENEMUAN PROJEK	
4.1	Pengenalan	68
4.2	Analisis Keluaran dari Tetimbang-H	69
4.2.1	Analisis Motor ke Hadapan	70
4.2.2	Analisis Motor ke Belakang	71
4.3	Analisis Pengawal PID	73
4.3.1	Analisis Keluaran Negatif	74
4.3.2	Analisis Keluaran Positif	86
V	CADANGAN & KESIMPULAN	
5.1	Cadangan	96
5.2	Kesimpulan Keseluruhan	98
	RUJUKAN	99
	LAMPIRAN	

SENARAI JADUAL

NO	TAJUK	HALAMAN
2.1	Perbandingan Motor Pirau Dan Siri	22
2.2	Ciri-ciri Pengawal P,I dan D	30

SENARAI RAJAH

NO	TAJUK	HALAMAN
1.1	Gambarajah Blok Projek	3
2.1	Kawalan Kelajuan Dengan Penambahan Rintangan Dalam Litar Amatur	9
2.2	Analisa Kelajuan Dengan Penambahan Rintangan	11
2.3	Litar Kawalan Kelajuan Dengan Melaras Voltan Amatur	12
2.4	Analisa Kelajuan Dengan Pelarasan Voltan Amatur	13
2.5	Penjanaan Modulasi Lebar Denyut (PWM)	14
2.6	Litar Motor Pirau	17
2.7	Hubungan Dayakilas Dan Kelajuan Dengan Arus Angker	19
2.8	Litar Setara Motor Siri	21
2.9	Hubungan Dayakilas Dan Kelajuan Dan Arus Angker	21
2.10	Litar Ringkas Tetimbang-H	23
2.11	Operasi Empat Sukuan	25
2.12	Rangkap Pindah Pengawal PID	28
2.13	Litar Pengawal PID	29
3.1	Gambarajah Blok	32
3.2	Gabungan Keseluruhan Litar Projek	33
3.3	Penguat Kendalian Asas.	34
3.4	Bentuk Penguat Kendalian 741	35
3.5	Litar Skematik Penguat Kendalian 741	36
3.6	Sambungan Asas Penguat Kendalian	38
3.7	Sambungan Penguat Penambahan	39
3.8	Sambungan Penguat Pengamir	40
3.9	Sambungan Penguat Pembeza	41

3.10	Penggunaan Penguat Kendalian Sebagai Litar Pembanding	42
3.11	Keluaran Litar Pembanding Menjadi Input Pengawal PID	43
3.12	Pengkelasan Pengawal PID	44
3.13	Litar Pengawal PID Yang Sebenar	45
3.14	Litar Asas Motor Arus Terus	46
3.15	Transistor TIP31C dan TIP32C	50
3.16	Litar setara TIP31C	51
3.17	Litar Tetimbang-H	52
3.18	Litar Tetimbang-H Yang Dilengkapi Dengan Dua LED Untuk Menunjukkan Arah.	52
3.19	Gambarajah Blok SuapBalik Ringkas	54
3.20	Litar Suap Balik	57
3.21	Litar Suap Balik Yang Telah DiBina	57
3.22	Litar Pengawal PID Yang Menggunakan Perisian Proteus 6 Profesional	60
3.23	Litar Pengawal PID Yang Menggunakan Perisian Ares 6 Profesional	60
3.24	Litar Tetimbang – H Yang Menggunakan Perisian Proteus 6 Profesional	61
3.25	Litar Tetimbang – H Yang Menggunakan Perisian Ares 6 Profesional	61
3.26	Litar Penderia (suapbalik) Yang Menggunakan Perisian Proteus 6 Profesional	62
3.27	Litar Penderia (suapbalik) Yang Menggunakan Perisian Ares 6 Profesional	62
3.28	Mesin UV	63
3.29	Litar PCB Sebelum Dimasukkan Ke Dalam Bekas Asid	65
3.30	Bekas Asid ' <i>Ferric Chloride Hexahydrate</i> '	66
3.31	Carta Alir Projek	68
4.1	Positif 11V Sebagai Input	70
4.2	Gelombang Semasa Motor Bergerak Ke Hadapan	71
4.3	Negatif 11V Sebagai Input	72
4.4	Gelombang Semasa Motor Bergerak Ke Belakang	73
4.5	Gelombang Dwiarah Motor	73

4.6	Analisis Pengawal PID Menggunakan Perisian Multisim	74
4.7	Keluaran Pengawal Dipaparkan Pada Voltmeter Sebanyak 0V	75
4.8	Gelombang Keluaran Pengawal PID = 0V	76
4.9	Keluaran Pengawal Dipaparkan Pada Voltmeter Sebanyak -4.483V	77
4.10	Gelombang Keluaran Pengawal PID = -4.483V	78
4.11	Keluaran Pengawal Dipaparkan Pada Voltmeter Sebanyak -8.946V	79
4.12	Gelombang Keluaran Pengawal PID = -8.946V	80
4.13	Keluaran Pengawal Dipaparkan Pada Voltmeter Sebanyak -11.117V	81
4.14	Gelombang Keluaran Pengawal PID = -11.117V	82
4.15	Keluaran Pengawal Dipaparkan Pada Voltmeter Sebanyak -11.117V	83
4.16	Gelombang Keluaran Pengawal PID = -11.117V	84
4.17	Keluaran Pengawal Dipaparkan Pada Voltmeter Sebanyak -11.117V	85
4.18	Gelombang Keluaran Pengawal PID = -11.117V	86
4.19	Keluaran Pengawal Dipaparkan Pada Voltmeter Sebanyak 4.45V	87
4.20	Gelombang Keluaran Pengawal PID = 4.45V	88
4.21	Keluaran Pengawal Dipaparkan Pada Voltmeter Sebanyak 8.909V	89
4.22	Gelombang Keluaran Pengawal PID = 8.909V	90
4.23	Keluaran Pengawal Dipaparkan Pada Voltmeter Sebanyak 11.117V	91
4.24	Gelombang Keluaran Pengawal PID = 11.117V	92
4.25	Keluaran Pengawal Dipaparkan Pada Voltmeter Sebanyak 11.117V	93
4.26	Gelombang Keluaran Pengawal PID = 11.117V	94
4.27	Keluaran Pengawal Dipaparkan Pada Voltmeter Sebanyak 11.117V	95
4.28	Gelombang Keluaran Pengawal PID = 11.117V	95

SENARAI SINGKATAN

AT	-	Arus Terus
PID	-	Propotional Integral Derivative
PI	-	Propotional Integral
PD	-	Propotional Derivated
LED	-	Light Emitter Diode
PWM	-	Pulse Width Modulation Modulasi Lebar Denyut
d.g.e	-	Daya Gerak Elektrik
Kp	-	Pemalar Pemampas (Propotional)
Ki	-	Pemalar Ralat (Integral)
Kd	-	Pemalar Kebezaan (Derivative)
GUI	-	Graphical User Interface
PCB	-	Printed Circuit Board

SENARAI SIMBOL

Φ_f	-	Fluks Medan
I_f	-	Arus Medan
V_f	-	Voltan Medan
E_A	-	e.m.f Belakang
K	-	Pemalar Mesin
Φ	-	Fluks Magnet
W_m	-	Halaju Sudut
T_{dev}	-	Kilasan
P_{dev}	-	Kuasa
I_a	-	Angker
L	-	Peraruh Angker
R_a	-	Rintangan Angker
V_a	-	Voltan Seketika
K_T	-	Pemalar Tork

SENARAI LAMPIRAN

NO	TAJUK	HALAMAN
A	Helaian Data Komponen LM741	100
B	Helaian Data Komponen TIP31 / TIP32	109
C	Gambar Projek	115

BAB 1

PENGENALAN

1.1 PENDAHULUAN

Pengawalan Motor Secara Analog adalah satu projek untuk menentukan dan menganalisa sistem kawalan kelajuan motor menggunakan Pengawal PID sebagai kawalan kelajuan motor. Ia juga menggunakan litar Tetimbang-H untuk menggerakkan putaran motor dalam dwi arah. Selain itu, projek ini juga mempunyai kesan balas suap balik untuk melengkapkan satu putaran sistem gelung tertutup yang digunakan dalam projek ini.

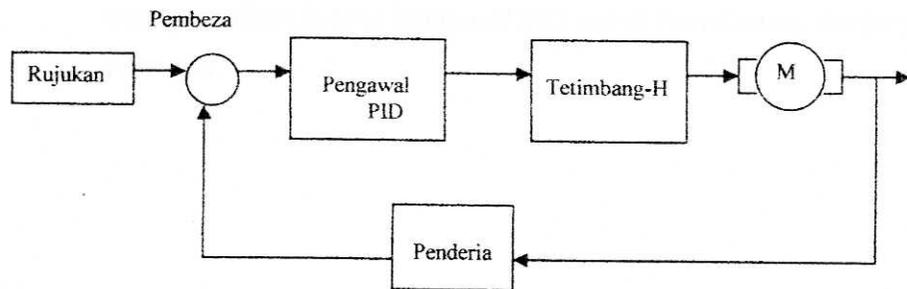
1.2 LATAR BELAKANG PROJEK

Penggunaan motor arus terus boleh di katakan meluas pada masa kini. Ini adalah kerana kecekapannya dan keboleharapan yang tinggi dimana sambutan yang cepat boleh diperolehi. Walau bagaimanapun terdapat pelbagai cara bagi membolehkan motor arus terus dapat dikawal secara tepat dan mudah.

Bagi membolehkan motor dikawal terdapat beberapa cara yang boleh dipraktikkan pertama ialah menggunakan Sistem Kawalan Terbuka. Sistem ini membolehkan kelajuan motor arus terus dapat dikawal, tetapi terdapat kelemahan pada sistem ini iaitu keluaran dan kelajuan yang dikehendaki mungkin tidak dapat di perolehi dan motor arus terus tidak mempunyai perlindungan. Jika sistem ini digunakan, kelajuan motor sukar untuk ditetapkan kerana tiada sebarang ralat yang disuap balik. Selain itu motor akan mudah rosak jika terdapat lebihan arus yang mengalir kerana sistem ini tidak menyediakan sebarang perlindungan arus.

Oleh itu, Sistem Gelung Tertutup adalah paling sesuai diaplikasikan untuk ketepatan pemboiehubah keluaran seperti tork dan kelajuan di kesan dan di suap balik untuk di bandingkan dengan nilai rujukan. Ralat yang terhasil di antara nilai keluaran dan nilai rujukan akan di analisis untuk meminumkan atau menghapuskan ralat.

Dalam Sistem Gelung Tertutup terdapat pengawal yang direka untuk memberikan sambutan yang stabil kepada sistem. Terdapat beberapa jenis pengawal yang sesuai bagi tujuan mengawal motor arus terus. Ini termasuklah pengawal jenis *Fuzzy Logic Control*, *Neural Network*, Pengawal PD, Pengawal PI dan Pengawal PID. Pengawal jenis PID (*Propotional Integral Derivative*) di pilih dalam projek ini. Pengawal jenis ini di pilih kerana ianya dapat memberi masa sambutan yang lebih cepat berbanding pengawal jenis PI dan PD. Fungsi pengawal PID adalah untuk memampas ralat keadaan mantap serta mempercepatkan lagi sambutan bagi motor arus terus. Dalam projek ini terdapat tiga parameter yang di kawal iaitu K_p , K_i dan K_d . Nilai K_p , K_i dan K_d akan menentukan sambutan di kehendaki sama ada perlahan atau pun cepat dan peratus lanjakan supaya lebih kecil.



Rajah 1.1: Gambarajah Blok Projek

1.3 OBJEKTIF PROJEK

Tujuan projek ini adalah untuk:

1. Mengawal kelajuan Motor AT pada halaju yang ditetapkan pengguna.
2. Memahami kaedah menetapkan kelajuan Motor AT menggunakan Pengawal PID (*Propotional Integral Derivative*).
3. Menjadi modul bahan pengajar untuk memudahkan pensyarah menyampaikan konsep Pengawal PID untuk pemahaman pelajar yang lebih jitu.

1.4 SKOP PROJEK

Sesuatu projek yang dihasilkan mestilah mempunyai skop tersendiri untuk di jadikan sebagai panduan sebelum dan semasa projek dijalankan. Skop pertama bagi projek ini ialah menggunakan PID dalam litar pensuisan motor untuk membolehkan pengguna mengawal kelajuan motor AT.

Projek ini telah menggunakan Tetimbang-H untuk mengawal arah arus yang melalui motor 9V supaya motor dapat berputar dalam dua arah. Perubahan voltan positif dan voltan negatif menjadi perantaraan antara pengguna dengan sistem untuk menentukan arah putaran motor.

Kelajuan putaran motor dikawal oleh Modulasi Lebar Denyut (PWM) kerana kaedah ini lebih baik dan kuasa dapat di hantar sepenuhnya kepada motor. Kelebaran modulasi lebar denyut ini dikawal dengan menggunakan perintang boleh laras untuk mengawal kelajuan putaran motor melalui kitar kerja yang terhasil. PWM akan memacu pemacu motor yang mana akan menghidupkan transistor pada Tetimbang-H untuk membenarkan beza upaya yang lebih besar untuk menghidupkan motor.

1.5 RINGKASAN TESIS

Tesis ini mempunyai lima bab yang akan menerangkan secara mendalam mengenai projek ini. Bab pertama adalah bab pengenalan yang akan memberi gambaran secara ringkas kepada projek seperti objektif dan skop projek.

Bab kedua akan membincangkan kajian dan maklumat yang berkaitan dengan projek. Setiap fakta dan maklumat yang diperolehi melalui bahan rujukan yang berlainan akan dibahas bagi memilih satu teknik dan kaedah yang terbaik untuk projek ini. Bab seterusnya akan membicarakan mengenai teknik dan kaedah pelaksanaan yang dipilih dalam bab kedua secara mendalam.

Bab keempat adalah bab analisis dan keputusan. Segala keputusan analisis seperti graf, bacaan kelajuan putaran motor dan perbandingan dengan keputusan sebenar akan dibincangkan dalam bab ini.

Bab terakhir dalam tesis ini ialah kesimpulan dan cadangan. Dalam bab ini kesimpulan dibuat terhadap pencapaian dan pembelajaran yang diperolehi dalam melaksanakan projek ini dari peringkat permulaan hingga berjaya. Selain itu, cadangan juga dibuat untuk meningkatkan tahap operasi projek agar lebih baik pada masa akan datang.

BAB 2

KAJIAN LATAR BELAKANG DAN KONSEP

2.1 PENGENALAN

Bab ini membincangkan tentang teori dan konsep projek secara menyeluruh. Tujuan perbincangan ini untuk menerangkan perspektif dan kaedah yang digunakan dalam penyelidikan yang lepas dan meninjau sejauh mana projek ini di hubungkan dengan kajian dan teori yang sedia ada. Selain daripada itu, bab ini juga akan menunjukkan teori dan konsep yang telah digunakan dalam menyelesaikan masalah projek. Kefahaman secara teori ini amat penting sebagai panduan dalam menjalankan sebarang kajian. Hasil sesuatu kajian itu tidak dapat di nilai jika tidak di bandingkan dengan teori.

2.2 TEKNIK KAWALAN MOTOR AT

Teknik kawalan yang akan di terangkan adalah berdasarkan jenis litar pemacu yang dipilih. Setelah meneliti kebaikan jenis-jenis litar pemacu motor AT, litar motor pirau adalah lebih baik berbanding litar motor siri. Terdapat tiga teknik kawalan yang di pertimbangkan untuk litar pemacu motor pirau iaitu :

- i) Kawalan kelajuan dengan penambahan rintangan dalam litar amatur
- ii) Kawalan kelajuan dengan melaras voltan amatur
- iii) Kawalan kelajuan menggunakan Modulasi Lebar Denyut (PWM)